III. Radioactivité

III.1. Définition

La radioactivité est l'émission spontanée d'un rayonnement par le noyau de certains éléments dits radioactifs. Il existe dans la nature des noyaux stables et des noyaux instables qui se désintègrent spontanément ; ils sont radioactifs.

III.2. Principaux type de radioactivité :

III.2.1. Radioactivité β : ils sont devisés en deux rayonnements $\beta^{+,}$ β^{-}

- *Emission β^-* Lorsqu'un noyau comporte un excès de neutrons par rapport aux protons à l'intérieur de ce noyau, un neutron a tendance à se transformer en proton, en même temps il donne naissance à un électron selon la réaction suivante : ${}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{0}_{-1}e + {}_{1}^{1}H$ et comme l'électron ne pouvant exister à l'intérieur d'un noyau ; est alors émis. d'une manière générale l'équation est la suivante : ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}_{Z+1}^{A}Y + {}_{-1}^{0}e$

- *Emission β^+* La radioactivité β^+ se produit lorsqu'un noyau comporte un excès de protons par rapport aux neutrons. A l'intérieur du noyau, se produit alors la réaction suivante : ${}_{1}^{1}H \longrightarrow {}^{1}_{0}n + \mathbf{{}^{1}_{0}e}$, la seconde particule formée est un positron, c'est l'antiparticule de l'électron ; elle ne peut exister à l'intérieur du noyau, elle est donc émise. ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}_{Z-1}^{A}Y + {}^{0}_{1}e$ positron

III.2.2. Radioactivité α

C'est la transformation d'un noyau, en générale assez gros en au noyau plus petit, avec émission d'une particule qui est le noyau ${}^{4}_{2}He$ Exemple : ${}^{222}_{86}Rn \rightarrow {}^{218}_{84}Po + {}^{4}_{2}He$

III.2.2. Radioactivité δ

Les trois types de radioactivités décrites plus haut sont souvent accompagné de l'émission d'un rayonnement électromagnétique dont sa longueur d'onde est < 10^{-2}nm et ces propriétés sont voisines de celles des rayons X. Cette radioactivité est due au fait que les noyaux formés par désintégration radioactive sont souvent à l'état excités, ils tendent à perdre cette énergie en émettant des photons.

III.3. Les familles radioactive :

Lors d'une désintégration, le noyau formé peut être radioactif engendrant lui-même un autre noyau instable et ainsi de suite. Il ya alors toute une série de nucléides qui apparaissent l'un après l'autre, l'ensemble constituant une famille radioactive. Il existe donc trois familles radioactives naturelles et une artificielle.

Elément de départ	Forme de nombre de masse A	n	Dernier élément stable
Thorium ${}_{90}^{232}Th$	A = 4n	n = 58 ⟶ 52	${}_{82}^{208}Pb$
Uranium ${}_{92}^{238}U$ (radium)	A = 4n+2	n = 59 ⟶ 51	${}_{82}^{206}Pb$
Uranium 235 ${}_{92}^{235}U$ (Actinium)	A = 4n+3	n = 58 ⟶ 51	${}_{82}^{207}Pb$

La 4 émme famille artificielle est ${}_{93}^{237}Np$(Neptunium) ⟶ ${}_{93}^{209}Bi$ (bismuth)

A = 4n+1
n= 59- 52

III.4. Les lois de la radioactivité :

III.4.1. Activité d'une source :

Si nous représentons par N le nombre d'atomes d'un élément radioactif présents à un temps t, l'activité de cette source radioactive peut être représentée par la variation du nombre d'atomes par unité de temps : $a = -\frac{dN}{dt}$ a représente l'activité, elle est exprimé en dps (désintégration par seconde ou curie ou Becquerel (Bq) ou dpn ((désintégration par minute), sachant que une curie est égale à 3,17 à 10^{10} dps.

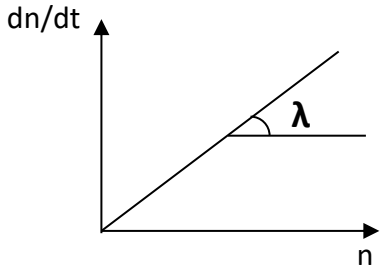
L'activité ne dépend que du nombre d'atomes radioactifs présent ; a =λ* N

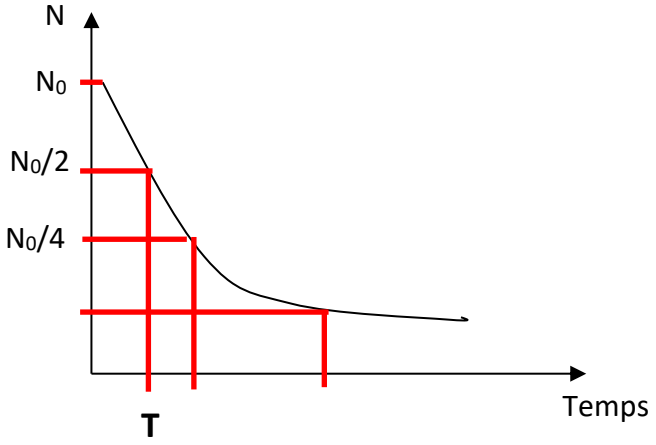
N : nombre de noyaux radioactifs.
Λ : constante radioactive

III.4.2. Evolution de N au cours du temps

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda \times N, \quad \int_{N0}^{N} \frac{dN}{N} = \int_0^t -\lambda \times dt \approx \log N = -\lambda \times t \approx \log N - \log N_0 = -\lambda \times t$$

$$\log \frac{N}{N_0} = -\lambda \times t \Longrightarrow e^{\log \frac{N}{N0}} = e^{-\lambda \times t} \Longrightarrow \boldsymbol{\frac{N}{N0} = e^{-\lambda \times t}}$$ à t= 0, N= N0, c'est le nombre de noyaux instable





III.4.2.Période radioactive T

On appelle période $T_{1/2}$ de l'élément radioactif, le temps au bout du quel la moitié des noyaux existant initialement a subit la désintégration. A $T_{1/2}$ implique N= $N_0/2$, **T= Ln2/λ**

Exemple : ${}_{88}^{226}Ra$, $T_{1/2}$= 1620 ans, ${}_{1}^{3}H$, $T_{1/2}$= 12,3 ans.

Chaque élément radioactif a une période caractéristique.

III.5. Les réactions nucléaires

III.5.1. Réactions de transmutations

Ces réactions produisent des nucléides de nombre de masse égale ou très voisin de celui du nucléide qui a servi de cible (élèment de départ). Les nucléides formés sont stables ou radioactifs.

Exemples :

${}_{7}^{14}N + {}_{2}^{4}He \rightarrow {}_{8}^{17}O + {}_{1}^{1}H$, ${}^{14}N\ (\alpha, p)^{17}O$ écriture abrégée.

${}_{13}^{27}Al + {}_{2}^{4}He \rightarrow {}_{15}^{30}P + {}_{0}^{1}n$

III.5.2. Réactions de fission

C'est la rupture de certains noyaux lourds en deux fragments sous l'impact de neutron et liberation d'une grande energie.

Exemple : Bombardement de l'uranium par les neutrons selon la réaction suivante :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow \ ^{143}_{56}Ba \ + ^{90}_{36}Kr + 3 \times \ ^{1}_{0}n \ + \mathrm{E}$$

Remarques

- La fission ne conduit pas à une énergie unique
- Chaque fission libère une énérgie considérable (plus de 12 fois l'energie libérée dans une réaction de transmutation).

III.5.3. Réactions de fusion

Dans la réaction de fusion, des noyaux légères se réunissent pour former des noyaux plus lourds.

Exmples

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow \ ^{4}_{2}He \ + ^{1}_{0}n \ , \qquad ^{6}_{3}Li + ^{2}_{1}H \rightarrow \ 2 \times ^{4}_{2}He$$

III.6. L'aspect énergétique

La réaction nucléaire s'accompagne d'une perte de masse Δm qui est la différence entre la somme des masses des produits et la somme des masses des réactifs. Cette perte de masse se trouve sous forme d'énergie ΔE. La relation d'EINSTEIN relie la masse et l'énergie qui sont deux grandeurs équivalentes.

$\Delta E = \Delta m \times C^2$

- Δm : différence de masse (∑m produits- ∑m réactifs)
- ΔE : différence d'énergie.
- C : vitesse de la lumière

A+B ⟶ C+ D $\Delta E = \Delta m \times C^2$, Δm= ∑m produits- ∑réactifs,

$\Delta m = [m_c + m_D - m_A - m_B]$, $\Delta E = [m_c + m_D - m_A - m_B] \times C^2$

Si ΔE > 0, la Réaction est endothermique, la réaction absorbe de l'énergie

Si ΔE < 0, la Réaction est exothermique, la réaction dégage de l'énergie.